知识管理论坛 ISSN 2095-5472 CN11-6036/C
Knowledge Management Forum

E-mail: kmf@mail.las.ac.cn
http://www.kmf.ac.cn

【学术探索】

基于知识晶炼理论的产品设计过程决策服务建模

◎ 吴晓凤[1,2] 高峰[1,2]

[1] 中国科学院兰州文献情报中心 兰州 730000
[2] 中国科学院大学经济与管理学院图书情报与档案管理系 北京 100190

摘要: [目的/意义] 旨在服务于产品设计过程中的问题解决方案决策，同时满足知识检索和重用的需求，保障产品的可持续发展。[方法/过程] 基于知识晶炼双循环模型，发现现有 IBIS 模型及其改进模型均存在问题。因此，用知识晶炼双循环模型将研讨对话模型和产品设计过程连接，构建支持产品双循环模型的 IBIS 表示。传统的研讨对话模型在模糊综合决策判断时使用了取大取小算子，由于这种算子会导致某些有用元素无效的情况，因而将取大取小算子替换为 Einstain 算子。[结果/结论] Einstain 算子吸取了取大取小算子忽略无用价值数据的思想，并对两端数据进行高度归约。支持产品双循环模型的 IBIS 表示使产品设计过程决策服务建模具备基本的模型框架，改进后的研讨对话模型使其核心算法部分具备了可靠的保障。

关键词：知识晶炼双循环模型 产品双循环模型 IBIS 表示 Einstain 算子

分类号：N99

引用格式：吴晓凤，高峰. 基于知识晶炼理论的产品设计过程决策服务建模 [J/OL]. 知识管理论坛，2019, 4(2): 59-68[引用日期]. http://www.kmf.ac.cn/p/161/.

互联网行业的蓬勃发展，使得信息呈现出海量性、动态性和多源异构性的特征，这预示着需要尽快从根本上改善领域信息的获取、分析、传播和影响方式，从而支撑领域的重大决策[1]。V. H. Vroom 等认为有关组织决策所使用的社会过程都有描述性的和规范性的问题需要回答。决策是一个社会过程，过程的要素是根据人与人之间的事件而不是在个体内部发生的事件而提出的。这为组织内社会人际互动促进决策的详述提供了基础。知识晶炼的内涵与此一一相对应，是以某种需要回答的问题作为开始，过程中需要若干人的参与，形成详述[2]。R. Butler也认为决策过程更多地与决策问题相关[3]。因此知识晶炼理论与决策有较大关联，并可以为决策服务。A. K. Churchland 等从神经生物学的角度验证了随着处理问题任务难度上升，做出决策所需要的时间和证据需要增加[4]。李武等认为群体决策研究还缺乏较为完整的理论体系，是研究的难点和重点[5]。因此，为了能够精简概况决策所需的证据，减少领导的决策时

作者简介：吴晓凤（ORCID：0000-0002-9770-9053），硕士研究生；高峰（ORCID：0000-0002-1744-1772），研究员，博士生导师，通讯作者，E-mail: gaofeng@llas.ac.cn。

收稿日期：2018-11-02 发表日期：2019-03-11 本文责任编辑：刘远颖



间，知识晶炼双循环模型系统研究了数据、信息、知识的转变过程，从而为决策进行服务。

很多组织保存的内容往往只有结果，而对于这项结果的前因后果如何，作为旁观者都会非常迷茫。以至于若他人接手该项工作，可能无法完全驾驭，导致工作方向发生偏离甚至背道而驰，这不仅对于个人，甚至对于集体而言都是非常不利的。因此，知识的不断积累和产品化非常重要，如果没有积累，知识就会随着项目的结束而消失，随着人员流失而消失，将积累的知识进行产品化表示是知识利用的体现 [6]。

设计理性是对产品设计过程的解释和记录，它包括设计过程的所有背景知识和信息。比如具体问题是什么，怎么得到解决问题的想法，想法是怎么样的等。将设计理性在计算机中有效地表示出来是处理和重用设计知识的基础 [7]。一个好的表示模型对于有效处理和重用知识是至关重要的。最早开始实施这种设计理性的是基于问题的信息系统（Issue-based Information System，IBIS）[8-9]，原始的 IBIS 经过一定时间发展，改进为支持自顶而下的产品层次模型。而本研究在前人研究基础之上形成一套具有创新性的知识晶炼双循环模型。

在此之前，国内外知识晶炼理论的研究以 F. Sun 和 G. Cai 提出的 IBKC（issue-based knowledge crystallization）模型 [10] 最为系统完整，但其 IBKC 模型只包含了蒸发冷凝过程（即将对于所要解决的问题无用的信息去除，将有用的信息保留），并且蒸发冷凝和评估寻找之间没有相关性，整个过程只有一次作业过程。而在实际环境中，除了蒸发冷凝过程，还包括升华凝华、熔化凝固过程，产品是不断更新换代的。因此，知识晶炼双循环模型应运而生 [11]。该模型与之前理论的重要区别是，知识晶炼双循环模型运用了物质世界的物理原理，从根本源头出发，将蒸发冷凝、升华凝华、熔化凝固这几个物理原理应用于构造冰山双循环模型，并将冰山双循环模型的各个元素对应于知识晶炼理论的各个元素，形成了知识晶炼理论双循环模型。

该模型包含正循环和反循环两个方向。知识晶炼反循环过程包含以下 5 个步骤：①提取所要解决的问题的所有原始数据；②从原始数据中筛选出相关信息；③从不同知识结构的人中抽取若干人，使其对上述信息进行阅读，每个人产生一份关于所要解决问题的解决方案的详述；④若干个参与人员与专家一起通过研讨对话模型，从所有详述中筛选出接受度最高的方案，并进一步增删减改，形成解决方案精述；⑤通过访谈调研、问卷调查、机器学习等方法了解该产品用户的知识结构和偏好等，个性化地形成用户容易理解接受的表述方式。

在此基础之上，当用户接收到精述时，用户可能会有其使用评论，产生的评论即是升华或熔化的气态或液态部分，它们成为了新的原始数据，进而使得信息块、详述、精述产生新一轮的变化，如此形成知识晶炼反循环。知识晶炼正循环是表示使用者为了做出是否使用该解决方案精述的决策，通过评估和寻找解决方案精述背后的信息与原始数据，决定是否使用该解决方案精述，对于科研工作者而言，探寻到原始数据，可以发现原始数据与解决方案的结合方式，这个结合的过程就是凝华或凝固的过程，从而直接对解决方案精述进行改变，进而使解决方案精述相关的详述、信息块与原始数据也有了相应的改变，如此形成知识晶炼正循环 [11]。

由此可知，知识不是线性地自顶而下变化的过程，自顶而下的产品层次模型存在一定缺陷，本文在知识晶炼双循环模型的基础上，结合产品设计过程，进一步构造了支持产品双循环模型的 IBIS 表示。正循环过程和反循环过程两者之间相辅相成，使得产品在不断升级改进的同时，使用者有更好的使用体验，并且帮助具有科研等背景的使用者更好地实现其需求。支持产品双循环模型的 IBIS 表示除了运用知识晶炼双循环模型的理论思想，还融合了研讨对话模型，用于产品各个部件、零件等设计过程

知识管理论坛，2019（2）:59-68
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2019.007

中所产生问题的解决方案决策。现有的研讨对话模型在归约上运用的是取大取小算子，这种方法可能存在着具有价值的一端数据无效的情况。因此，本研究将归约过程的取大取小算子改进成 Einstain 算子，该算子既吸取了取大取小算子忽略无用价值数据的思想，又使得有价值的数据都能发挥作用。

1 IBIS 研究现状

原始的 IBIS 模型是由 W. Kunz 等 [12] 于 1970 年提出的，IBIS 模型图是设计原理（design rationale，简称 DR）表达中的经典模型。DR 是对人工制品设计缘由的解释，人工制品含义较为广泛，包括人工参与产生的硬品，如各类制造产品，也包括软品，如语言等各种形式的结构等，DR 有助于人工制品的设计推理、设计评价和设计重用。IBIS 模型包括问题、解决方案、论证三类元素以及相互之间的有向关系边，如图 1 所示 [13]。解决方案是为回应问题而提出的主意；论据是支持或反对解决方案的理由。

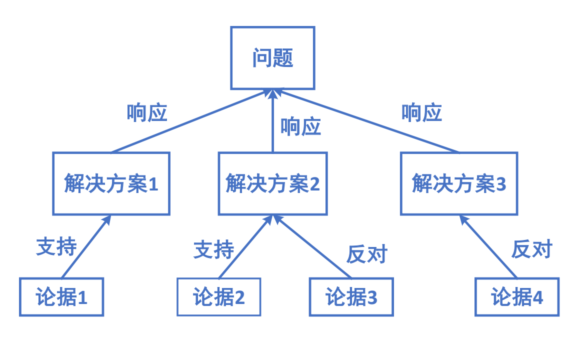


图 1 原 IBIS 模型图

K. C. B. Yakemovic 等认为任何大尺寸系统的软件设计都需要做出大量决策 [14]。迄今为止，大多数决策支持工具都集中在帮助用户选择现有解决方案。通常，使用 IBIS 的团队在选择解决方案时没有什么困难，而尝试定义可能被选择的解决方案时会有更多困难。基于问题的方法可以帮助解决问题，并帮助用户发现新的解决方案，为他们提供可以应用其决策的选项。IBIS 对于“如何”解决问题没有任何限制，但基于支持和反对的论据，其确实有助于指出哪些方案没有得到考虑，以及解决方案是强大的还是薄弱的。因此 IBIS 可以被认为是支持决策工具中定性的群体决策系统。IBIS 为超文本、群件以及用技术支持设计过程的前景提供了借鉴 [14]。

在 IBIS 提出之后，国内外许多学者对于 IBIS 进行了调整，如 Q. Cao 等 [15] 认为当前的建筑设计过程是一个社会活动，各方的参与人员范围都在扩大。参与各方不再仅仅是建筑师、客户和工程师，还有各种科学技术专家（如卫生部门、技术专家、特殊领域科学家等）、银行家、律师、社区代表、环保人士、政府机构、媒体和普遍公众等。在广泛的社会参与下，对参与设计和决策过程的信息与知识的有效管理（表达和沟通）成为现代设计项目最紧迫的任务之一。为迎接挑战，学术界等各界正在努力开发更有效的方法和工具，如 CAD（Computer Aided Design）、CBR（Case-Based Reasoning）等，尽管人们正在寻求对这些方法的突破，但根据许多探索者（如 Schon、Akin 等人）对设计过程的观察，基于规则（明示和暗示）表示的知识的逻辑推理似乎是设计师寻求令人满意的设计的过程中最基本的工具。IBIS 被认为提供了一个文档的框架，阐明和表示设计和规划过程中的分析论证和推理决策的逻辑，可以应对设计的复杂性和广泛参与。

IBIS 的主要元素是问题，即 IBIS 的组织“原子”。问题可能是不同的类型，如义务型（X 应当是这样？）、事实描述型（Y 是这样的？）、事实解释型（为什么为 Z 的情况？）以及事实工具型（如何达到 W？）。针对不同类型问题的解决方案也不同，对于义务类型，它们可以是“是”“可能”“不太可能”或“不是”；对于事实描述类型，它们可以是“是”“不是”或“是，但是……”；对于事实解释类型，它们可以是“如果……那么 Z 就是这样”；对于事实工具类型，它们可以是“如果……则 W 可以实现”。根据不同关系的类型，IBIS 将问题、解决方案和论据连接到一个互联的网络中。



还有研究运用模糊推理系统（fuzzy reasoning system，FRS）增强 IBIS。这样的系统使得设计分析更加合理化、决策思考更加细致化 [15]。

E. Toktam 等设计和开发了一种基于 IBIS 的工具——IBISMod，客户可以在任何地方使用任何平台访问该工具 [16]。此外，该工具还支持同步协作决策流程。在该工具中，参与者可以添加、编辑、删除、拖动节点。节点可以由其创建者编辑或删除。如果数据库中的相同模型已更改，则通过更新每个参与者的模型来实现同步。数据库模型更改时，同时处理同一文档的所有用户都会收到一条消息，指出原始模型已更改，系统询问用户是否想更新他们的模型。另外，该工具通过使用 AJAX 方法来改善系统的响应时间。在处理需要很长时间才能获得响应页面的大型 IBIS 图表时，这是非常有益的 [16]。

李路野等结合需求表示、FBS（function-behavior-structure）模型，对 IBIS 模型的研究提出了支持自顶而下产品层次模型 [17]。

2 支持产品双循环模型的 IBIS 表示

图 2 是李路野等提出的支持产品层次模型（产品层次模型是自顶而下的一种表示）的 IBIS 表示。该表示对原来的 IBIS 模型进行了改进，分为上层决策层和下层结构层两层，上层的问题包含在下层的产品部件中，响应此上层问题的若干解决方案分别对应于下层的产品部件的子部件中，影响子部件的结构，子部件也可能包含新的问题，新的问题的解决方案又对应于子部件的下层部件，如此迭代，最后解决到最小的零件，从而形成完整的产品层次模型 [17]。

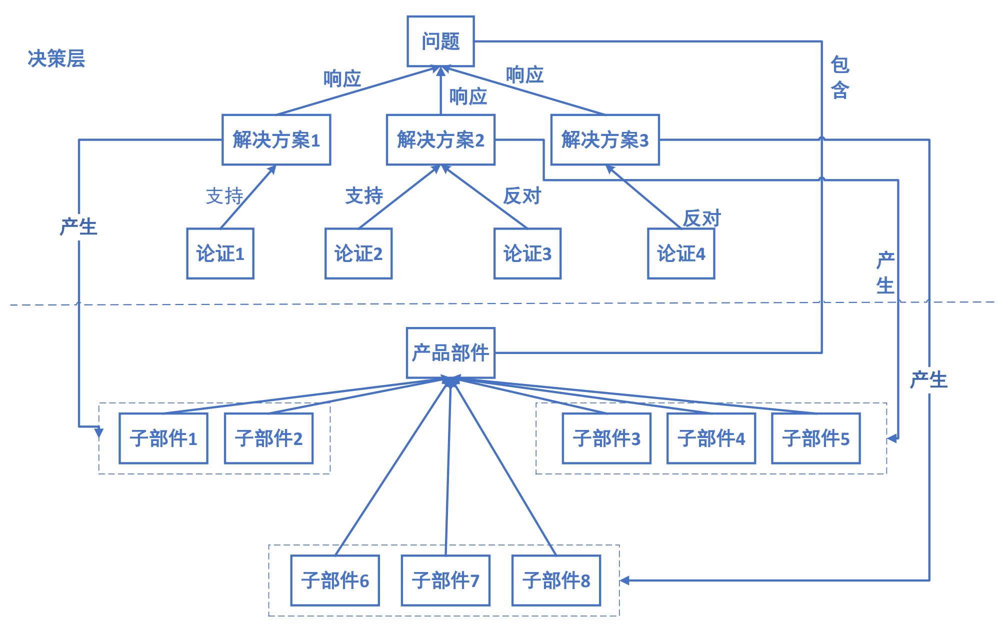


图 2 支持产品层次模型的 IBIS 表示

由知识晶炼双循环模型可知，产品不是按照自顶而下的过程构建出来就停滞了，例如现今智能手机等很多产品都会不停地更新换代，这说明知识可能不仅具有蒸发冷凝过程，还涉及升华凝华或者熔化凝固的过程。产品双循环模型在 IBIS 中的具体表示如图 3 所示（在图 1 原 IBIS 图的基础上进行了扩展）。最顶层是需求层，需求对应于知识晶炼双循环里面的“原始数据”，虚线框内对应“精致的知识晶体”，整个过程包含正向和逆向两个循环过程。需求包括效用需求（例如，产品部件需要包括若干子部件、子部件又可能包含下一级子部件）和非效用需求。

知识管理论坛，2019（2）:59-68
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2019.007

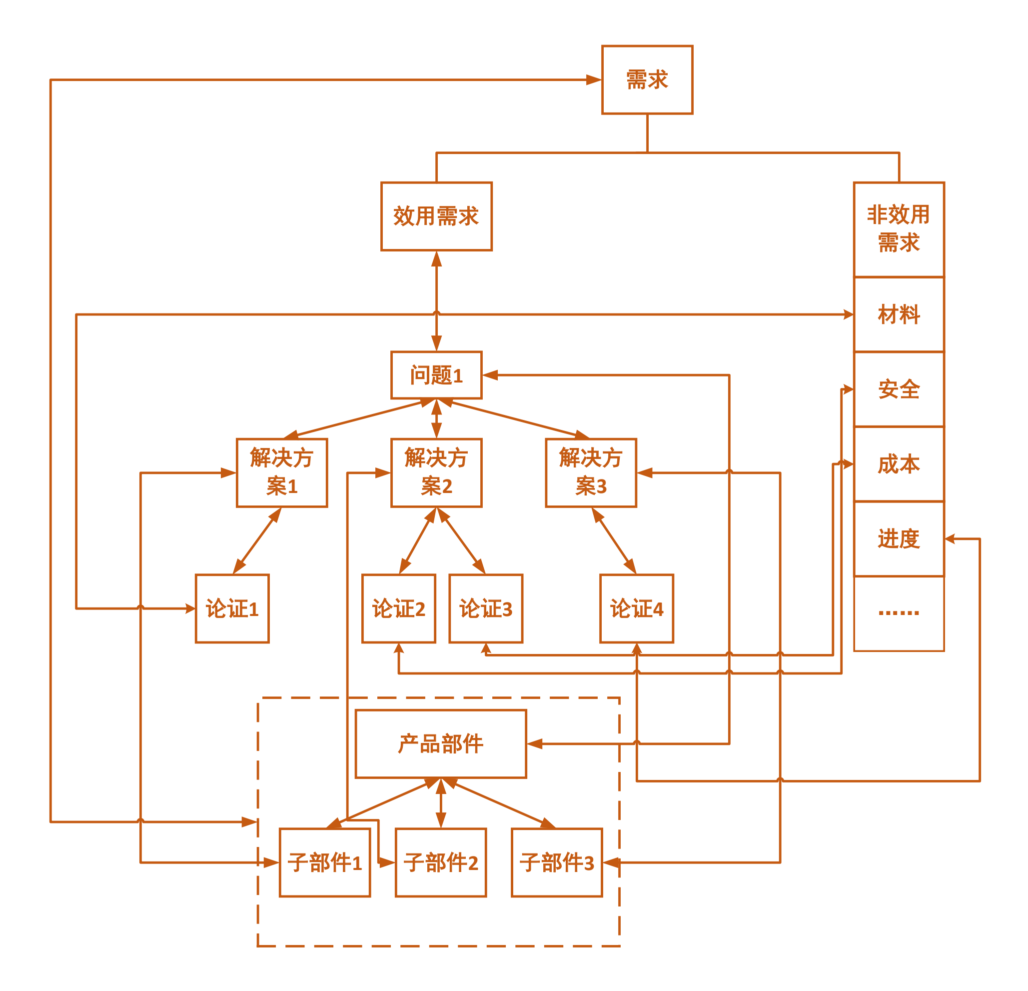


图 3 支持产品双循环模型的 IBIS 表示

在正向循环过程中，效用需求导致了问题的产生，效用需求解决了“什么时候要考虑问题”的疑问，产品部件包含了这一问题，非效用需求经过阅读和提取之后形成信息块支持论证。论证在某种模态限定值的支持下响应解决方案，解决方案响应问题，每个解决方案决定着产品部件下一层的子部件，子部件也可能包含着决定其结构的问题，对应的解决方案会决定子部件下一层部件的结构。按此规律，可以将产品的设计细化到最小单位即零件，而此过程中，也可能会产生新的数据形成原始数据（即需求），如此往复形成正向循环过程。

逆循环过程从虚线内部开始，最小的单位零件可以通过寻找、提示等追根溯源到子部件、产品部件、论证、解决方案、问题以及需求，回到需求（即原始数据）的时候，可能会发现需求与虚线框内的晶体结构新的或补充的结合方式。正循环过程和逆循环过程共存，形成支持产品双循环模型的 IBIS 表示，在这个双循环过程中可能会产生新的组件或者重构原来的产品部件。

支持产品双循环模型的 IBIS 表示具有两个优点：①结合知识晶炼双循环模型，由粗到细，再由细到粗，展示循环的动态演进过程，能把设计过程显性化地保存下来，避免由于人员的流动造成经验空白，有益于知识的重用；② IBIS 中的每个问题能够跟产品的某个层次产生关联，将 IBIS 中原本零散的信息片段通过双循环



模型有效地组织起来，可以在大量的 IBIS 信息中只查看与该层次关联的信息，对 IBIS 信息的检索起到重要的筛选作用。因此，支持产品双循环模型的 IBIS 表示能够更好地支持知识的检索和重用，利于新知识的产生和原知识的重构。

3 支撑 IBIS 表示的研讨对话模型及其改进

3.1 研讨对话模型

模型架构建立之后，就需要考虑模型架构内某些元素之间的推导过程与计算方法，由此引出了“研讨对话模型”，在产品设计过程中产生问题时，研讨对话模型则能为该问题的解决提供服务，知识晶炼双循环模型将研讨对话模型和产品设计过程相互连接，形成支持产品双循环模型的 IBIS 表示。随着时间的推进，环境会发生变化，而支持产品双循环模型的 IBIS 表示则会使得产品能够随着环境的变化而变化。

由此可见研讨对话模型的作用非常重要。研讨对话模型的决策采用模糊定量计算法，对模糊定量计算得出的结果进行比对，接受度值最大的一方即为问题的团体决策结果。群体研讨信息包括参与者和组织者、研讨主题、研讨过程与研讨结果等基本信息以及发言信息，其中以研讨参与者的发言信息最为重要。研讨模型的主要作用是对群体研讨中产生的各类信息进行组织和管理[18]，并支持观点的分析与评价。研讨信息包含各种知识、立场等等。在自然状态下，研讨发言信息量大、结构复杂，需要结构化研讨模型，以避免观点分析产生困难，从而提高研讨效率。研讨对话模型研究是决策研究的一项理论基础。

“支持产品双循环模型的 IBIS 表示”中涉及论证过程的部分构成图 4 的研讨对话图。研讨对话图可视为由多个问题研讨图（Issue-based Argumentation Graph，IAG）组成。每个问题研讨图只包括一个问题节点，并以其为中心，描述了研讨群体针对一个问题而展开的研讨对话活动，是研讨分析的基本单位。整个研讨对话图描述了群体对整个大议题展开的研讨活动。每个 IAG 的结果综合在一起即时形成整个大议题的结果[19]。本文将 IAG 作如下形式化定义：设与问题 i 相连通的解决方案集合为 P_i，论证关系集为 R_i，语言评价集为 S，δ 是模态限定值，代表论证关系集到语言评价集的映射。

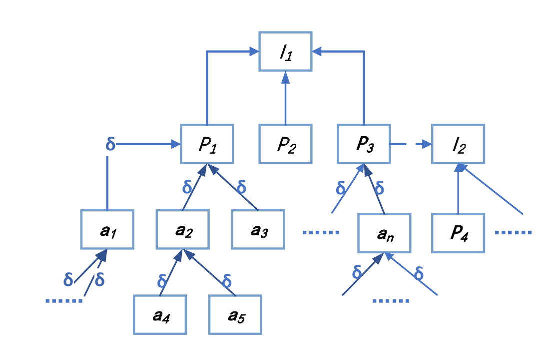


图 4 研讨对话图

接下来，介绍 Toulmin 推断模型并阐述研讨对话模型中的模态限定值。Toulmin 推断模型是 S. E. Toulmin 于 1958 年提出的“六要素推断法”[20]，见图 5。素材、声明和依据是 Toulmin 模型中的 3 个基本要素。素材在遵循依据的情况下推导出声明，支撑是依据的证据，在获得充分的证据之前，依据只是一种假设。支撑使得证据得以成立。限定（对应研讨对话模型中的模态限定值 δ）是表明声明强度的词语，如“非常好”“较好”“不好”“差”等。在限定范围以外推断不成立，这种情况被称作反驳[20]。

例如：他是一位世界 500 强企业的资深 HR，凭他经验，他认为他招聘进公司的人都能较好地履行岗位职责。

这里，“他招聘进公司的人”是素材，“他是一位世界 500 强企业的资深 HR”是支撑，“凭他经验”是依据，“履行岗位职责”是声明，“较好地”是限定，即：素材“他招聘进公司的人”，由“他是一位世界 500 强企业的资深 HR”支撑的“凭他经验”的依据下，产生了限定程度是“较好地”“履行岗位职责”的声明，但个别情况下，他招聘的人也可能离任职期望较远。

知识管理论坛，2019（2）:59-68
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2019.007

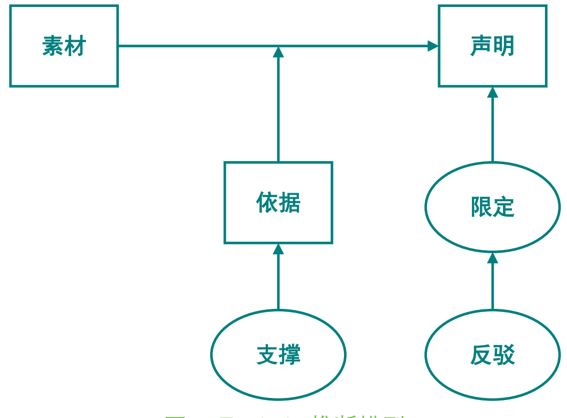


图 5 Toulmin 推断模型

S={S_α|α=−t，…，−1，0，1，…，t} 为预先定义的语言评价集 [21]，这里设定 S={s_{-3}=‘强烈反对 (SO，strongly object)’，s_{-2}=‘反对 (O，object)’，s_{-1}=‘轻度反对 (LO，slightly object)’，s_0=‘不确定 (I，inconclusive)’，s_1=‘轻度支持 (LS，slightly support)’，s_2=‘支持 (S，support)’，s_3=‘强烈支持 (SS，strongly support)’}。则研讨对话模型的模态限定值 δ 的值为“s_{-3}、s_{-2}、s_{-1}、s_0、s_1、s_2、s_3”这 7 个值中的任意一个。

要一个解决方案的可接受度，需要先计算论证节点的可接受度。假设有一个研讨图〈P ∪ A，R，δ〉，且 a ∈ A，记 R^-（a）={b|b ∈ A，(b，a) ∈ R} 为论证节点 a 的前置节点集，R^+（a）={b|b ∈ A，(a，b) ∈ R} 为节点 a 的后置节点集。若 R^-（a）={b_1, b_2,⋯, b_m}，则称 a 为叶节点。则论证 a 的可接受度设为 H(a)=s_0，表示没有支持或反对论证 a 的发言。若 R^-（a）={b_1, b_2,⋯, b_m}，则论证 a 的可接受度为

$$H(a)=\mathrm{LWA}\{\delta(b_1,a),\ \delta(b_2,a),\ \cdots,\ \delta(b_m,a)\}=(w_1\delta_{\alpha_1})\oplus(w_2\delta_{\alpha_2})\oplus\cdots\oplus(w_m\delta_{\alpha_m})=s_\beta \quad \text{公式（1）}$$

其中 LWA 是决策语言信息（linguistic）的加权（weighted）平均（averaging）算子简称 LWA 算子。

另外，$\delta_{\alpha_m}=\delta(b_m,a)$, $\beta=\Sigma_{i=1}^{m}w_i\alpha_i$，w=($w_1$，$w_2$，⋯，$w_m$)T 为 δ_{α_i} (i=1，2，⋯，m) 的权重向量。w_i 与节点 $H(b_i)$ 相关，其计算公式如下：

$$w_i=\frac{f(H(b_i))}{\sum_{i=1}^{m}f(H(b_i))};i=1,2,\cdots,m \quad \text{公式（2）}$$

其中：$f(H(b_i))=I(H(b_i))+t$，$I(s_\alpha)=\alpha$，2t=|S|−1，|S| 表示语言术语集 S 的基。$w_i\geq0$ (i=1，2，⋯，n)，$\sum_{i=1}^{m}w_i=1$。

除了叶节点无需归约之外，其他论证节点需进行归约，规则为：

设 α ∈ A，c ∈ R^-（b）=Ø，b ∈ R^+（a）≠Ø，且已知 δ（c, a）=s_α，δ（a, b）=s_β，节点归约的规则如图 6 所示：

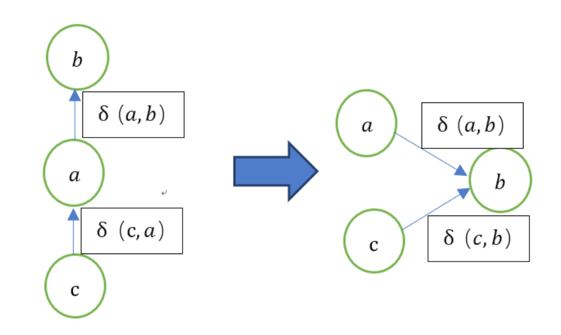


图 6 论证节点归约例图

（1）在研讨图中移除有向边（c, a），添加有向边（c, b），即 b 的前置节点除了 a，还有 c。

（2）有向边（c, b）的模态限定值为 δ（c, a）=Γ^{-1}(sgn(α)·sgn(β)·(|α|$\dot{\varepsilon}$|β|))。其中：Γ^{-1}(α)=s_α，sgn() 是符号函数。这个模糊综合决策判断公式的 $\dot{\varepsilon}$ 是 Einstain 算子，用它替代了有些学者选择的取大取小算子，因为取大取小算子是线性的，存在漏洞，其结果只由一个或几个元素所决定，未完全将所有元素纳入计算范围，但是 Einstain 却是非线性的，能充分利用原始数据提供所有信息。Einstain 算子（$\dot{\varepsilon}$，$\overset{+}{\varepsilon}$）定义为：

$$(\tilde{A}\dot{\varepsilon}\tilde{B})(u)=\frac{\tilde{A}(u)\tilde{B}(u)}{1+[1-\tilde{A}(u)][1-\tilde{B}(u)]} \quad \text{公式（3）}$$

$$(\tilde{A}\overset{+}{\varepsilon}\tilde{B})(u)=\frac{\tilde{A}(u)+\tilde{B}(u)}{1+\tilde{A}(u)\tilde{B}(u)} \quad \text{公式（4）}$$



3.2 研讨对话模型应用案例分析

假设体系精述结构存在着两套不同的方案，并定义了专家对论证之间或论证与方案之间的模态限制值，计算两个方案各自的可接受度，以最终一套接受度最高的体系精述结构。

本文中，|S|=7。如采用取大取小算子，这里使用取小算子，则图 6 的归约公式为 δ（c，b）$=\Gamma^{1}(\mathrm{sgn}(\alpha)\cdot\mathrm{sgn}(\beta)\cdot(|\alpha|\wedge|\beta|))$，∧是取小算子，案例使用取小算子对图 7 进行规约之后如图 8 所示，用 Einstain 算子进行规约后的情况如图 9 所示。在这里例子中，从局部来看，方案 P_1 中两种算子规约后各个节点到 P_1 的语言评价不同的是 δ（a_6，P_1），取小算子得出的是 S_{-3}，虽然 δ（a_6，a_1）$=S_3$, δ（a_1，P_1）$=S_{-3}$，即 a_6 强烈支持 a_1，而 a_1 强烈反对 P_1，但这不是意味着 a_6 就强烈反对 P_1，因为 δ（a_6，a_1）只表示了 a_6 对 a_1 的语言评价，δ（a_1，P_1）只表示 a_1 对 P_1 的语言评价，用 Einstain 算子计算出来 δ（a_6，P_1）$=S_{-1.8}$，这个值就不会像取大取小算子取一端，而把另外一端具有价值的信息被完全忽视了，把两端的值运用包含加减乘除的算子进行计算，得出的值更具有可靠性。方案 P_2 中不同的是 δ（a_8，P_2），它用 Einstain 算子算出的是 S_3，由于这其中有一端的值是 1，1 属于语言评价集各个元素取绝对值后最小的值，在模糊计算中最小的值是可以忽略不计的，这就吸收了取大取小算子的优势。所以，Einstain 算子吸收了取大取小算子的优势，也避免了取大取小算子的劣势。

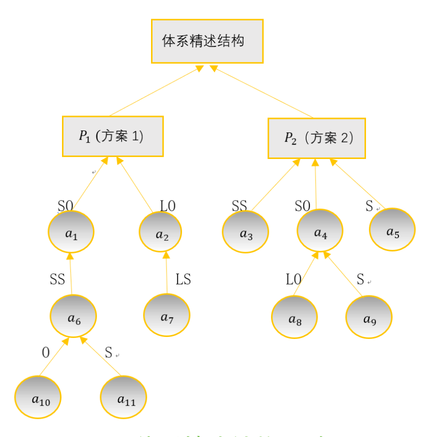


图 7 体系精述结构研讨图

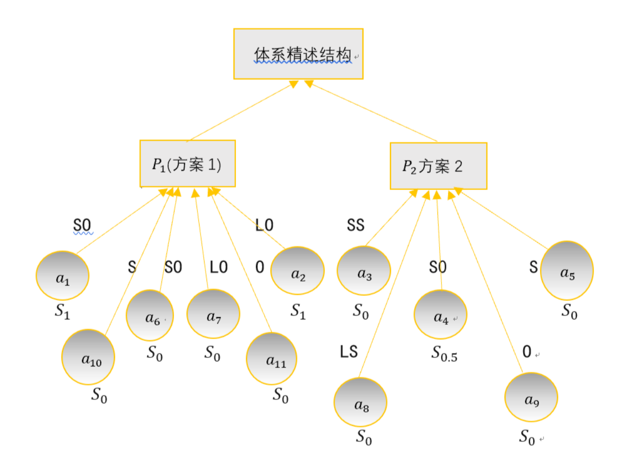


图 8 采用取小算子规约结果

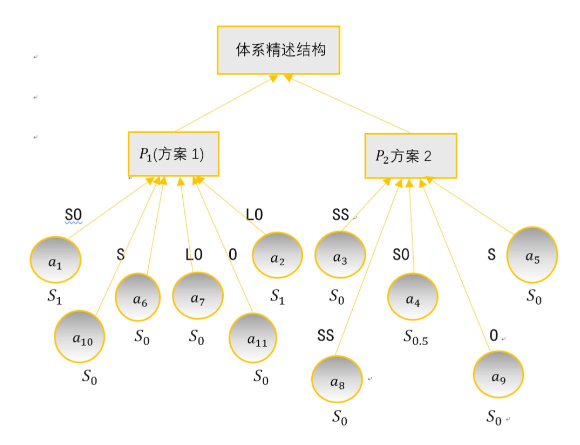


图 9 采用 Einstain 算子规约结果

在整个研讨对话模型中，算法得到了改善，整体的结果更加准确。在该例中，使用取小算子得出方案 1 的可接受度为 $\mathrm{H}(P_1)=S_{-1.4}$，方案 2 的可接受度为 $\mathrm{H}(P_2)=s_{0.097}$。采用 Einstain 算子得出方案 1 的可接受度为 $\mathrm{H}(P_1)=S_{-1.22}$，方案 2 的可接受度为 $\mathrm{H}(P_2)=S_{0.48}$。由于采用 Einstain 算子计算结果更加准确，所以以 Einstain 算子算出来的结果为准，对该结果进行分析，可知方案 2 的可接受度要大于方案 1，由此获得了研讨对话结果。

4 结语

本研究面向决策服务、知识检索和知识重用的需求，以及针对支持产品自顶而下模型的 IBIS 表示的缺陷，在知识晶炼双循环模型的启

知识管理论坛，2019（2）:59-68
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2019.007

示下，对支持基于产品层次模型的 IBIS 模型进行了改进，设计了支持产品双循环模型的 IBIS 表示，展示了设计的全过程，有效地帮助知识重用、检索，也体现了知识晶炼双循环模型中的“双循环”内涵，使知识的升华、凝华、熔化及凝固（即新知识的产生和知识的重构过程）可视化，并使得这个过程变得更加有效。研讨对话模型为产品设计过程的决策提供服务，而知识晶炼双循环模型融合研讨对话模型和产品设计过程，建构了支持产品双循环模型的 IBIS 表示。该方法使产品能够随着环境变化而变化，能可持续发展。

在论证环节，由于传统模糊综合决策判断方法采用的取大取小算子是线性的，可能存在着“顾此失彼”的缺陷，所以将取大取小算子用非线性 Einstain 算子替代。在研讨对话模型中，Einstain 算子不但吸收了取大取小算子忽略相对无用价值数据的思想，也使得具有价值的两端数据得以高度规约，提升了研讨对话模型计算结果的合理性，对建模提供了保障。改进后的研讨对话算法提升了有关核心算法部分的可靠性。算子计算涉及非常多的数据，仅靠人工是不够的，怎样把本文的方法应用到现有的工具中，以及该方法如何得到更加广泛的应用，是下一步的重要工作。

参考文献：

[1] 王飞跃．知识产生方式和科技决策支撑的重大变革——面向大数据和开源信息的科技态势解析与决策服务 [J]. 中国科学院院刊 , 2012, 27(5): 527-537.

[2] VROOM V H, YETTON P W. Leadership and decision-making[M]. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1973, 18(2): 3-9.

[3] BUTLER R. Strategic decision[M]. Boston: Springer, 1998: 35-50.

[4] CHURCHLAND A K, KIANI R, SHADLEN M N. Decision-making with multiple alternatives[J]. Nature neuroscience, 2008, 11(6): 693-702.

[5] 李武 , 席酉民 , 成思危 . 群体决策过程组织研究述评 [J]. 管理科学学报 , 2002(2): 55-66.

[6] 邹瑜．关于工程咨询企业信息化的思考 [J]. 中国工程咨询 , 2013(7): 16-20.

[7] 秦飞巍 , 李路野 , 高曙明 . 设计理性研究进展 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报 , 2012, 24(10): 1283-1293.

[8] CONKLIN J,SELVIN A,SHUM S B .Facilitated hypertext for collective sensemaking: 15 years on from g IBIS[C]// LAP'03:8th international working conference on the language-action per-spective on communication modelling. New York: ACM,2003: 1-19.

[9] BUCKINGHAM SHUM S, SELVIN A M, SIERHUIS M, et al. Hypermedia support for argumentation-based rationale: 15 years on from gIBIS and QOC[M]// DUTOIT A H, McCALL R, MISTRIK I, et al. Rationale management in software engineering. Berlin: Springer, 2006: 111-132.

[10] SUN F, CAI G. Community issue review: crystallizing knowledge for encouraging civic engagement[C]// Proceedings of the 18th annual international conference on digital government research pages. New York: ACM, 2017: 260-269.

[11] 吴晓凤 , 高峰 , 蔡国瑞 . 正反冰山模型与知识晶炼理论的融合发展 [J]. 图书馆理论与实践 , 2019(2): 37-42.

[12] KUNZ W, RITTEL H. Issues as elements of information systems[R]. Berkeley: University of California, Center for Planning and Development Research, 1970.

[13] 张应中 , 罗晓芳 , 陈钎 . 产品设计原理语义表达 [J]. 机械工程学报 , 2012, 48(17): 135-143.

[14] YAKEMOVIC K C B, BURGESS Y E, JEFFREY C. Report on a development project use of an issue-based information system[C]// Proceedings of the conference on computer-supported cooperative work. Trier: DBLP, 1990: 105-18.

[15] QUINSAN C, JEAN-PIERRE P. Managing design information: issue-based information systems and fuzzy reasoning system[J].Design studies, 1999, 20(4): 343-362.

[16] TOKTAM E, MARYAM P, MARTIN P. A collaborative Web-based uy6 issue based information system (IBIS) framework [EB/OL]. [2018-12-21]. Dunedin: University of Otago, 2009.

[17] 李路野 , 秦飞巍 , 高曙明 . 有效支持设计知识检索和重用的扩展的设计理性表示 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报 , 2013, 25(10): 1514-1522.

[18] 谭俊峰 , 张朋柱 , 黄丽宁 . 综合集成研讨厅中的研讨信息组织模型 [J]. 系统工程理论与实践 , 2005, 25(1): 86-92.

[19] 陈俊良 , 陈超 , 姜鑫 , 等 . 基于 IBIS 和 Toulmin 辩论形式的群体研讨模型 [J]. 计算机应用 , 2011, 31(9): 2526-2529.

[20] 陈宁 . Toulmin 推断模型在考试效度论证中的应用 [J]. 中国考试 , 2012(4): 15-21.



[21] XU Z S. On generalized induced linguisitic aggregation operators[J]. International journal of general system, 2006, 35(1): 17-28.

作者贡献说明：
吴晓凤：论文撰写与修改；
高 峰：论文写作指导。

Decision Service Modeling of Product Design Process Based on Knowledge Crystallization Theory

Wu Xiaofeng[1,2] Gao feng[1,2]
[1]Lanzhou Information Center, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000
[2]Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract: [Purpose/significance] This paper aims to serve the decision-making of solutions to problems in the product design process, meet the demand of knowledge retrieval and reuse, and guarantee the sustainable development of products. **[Method/process]** Based on the double-cycle model of knowledge crystallization, it found that there are problems in the existing IBIS (issue-based Information System) model and its improvement model. Therefore, the knowledge crystallization double cycle model was used to connect the discussion dialogue model and the product design process, to construct the 'IBIS representation supporting the product double cycle model'. In the original discussion dialogue model, 'take the large or fetch small operators' was used in fuzzy comprehensive decision making. However, because of this operator, some useful elements will be invalid, so 'take the large or fetch small operators' was replaced by the Einstain operator. **[Results/conclusions]** The Einstain operator draws on the idea of 'take the large or fetch small operators' to ignore the useless value data, and highly reducts the data at both ends. The IBIS representation supporting the product double cycle model has made the product design process decision service modeling based on the knowledge crystallization double cycle theory has a basic model framework, and the improved discussion dialogue model makes the core algorithm reliable.

Keywords: double-cycle model of knowledge crystallization the product's double -cycle model IBIS expression Einstain operators